

Estabilidade da atividade antioxidante e compostos bioativos da geleia de araticum (*Annona Crassiflora* Mart.) em diferentes embalagens e temperaturas

Stability of antioxidant activity and bioactive compounds of Araticum jelly (*Annona crassiflora* Mart.) in different packages and temperatures

Maria Olivia dos S. Oliveira^{1,2}, Gabriela F. Leal² e Glêndara Aparecida de S. Martins²

¹Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiás, Brasil

²Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Cinética e Modelagem de Processos, Tocantins, Brasil

Reception date of the manuscript: 03/08/2023

Acceptance date of the manuscript: 23/09/2023

Publication date: 16/10/2023

Resumo – Frutos exóticos são alvo constante de pesquisas e estudos que comprovam sua importância cultural, nutricional e alimentar. O araticum é uma fruta sazonal, nativa do Cerrado que possui características sensoriais únicas e alto valor nutritivo, pode ser consumido *in natura* ou processados na forma de doces, geleias, entre outros. Diante disso, este estudo teve como objetivo desenvolver geleias de araticum com substituição da pectina comercial por albedo de maracujá, bem como avaliar sua estabilidade a partir da avaliação da atividade antioxidante (AA), vitamina C (VIT C), carotenoides (CAR), flavonoides (FLV) e antocianinas (ANT) durante o armazenamento em embalagens de polietileno e polipropileno, a 25 °C e 35 °C durante 130 dias. Os resultados das análises em ambas as embalagens variaram para Atividade antioxidante (IC50) 43,70-264,14 g de geleia/g de DPPH, Carotenoides 0,21-1,27 mg/100g, Vitamina C 17,38-87,87 mg/100g, Flavonoides 0,0022-0,0010 mg/100g, Antocianinas 0,0417-0,0125 mg/100g. As geleias foram influenciadas pelo tempo, temperatura e tipo de embalagem durante o armazenamento, sendo a temperatura a variável que mais interferiu na qualidade do produto. O prazo de validade das geleias armazenadas nas embalagens de polietileno e polipropileno foi de 94 dias, respectivamente.

Palavras-chave: *Annona Crassiflora* Mart., *shelf-life*, geleia, estabilidade.

Abstract— Exotic fruits are a constant target of research and studies that prove their cultural, nutritional and food importance. Araticum is a seasonal fruit, native to the Cerrado, which has unique sensory characteristics and high nutritional value. Therefore, this study aimed to develop araticum jellies replacing commercial pectin with passion fruit albedo, as well as to evaluate its stability based on the evaluation of antioxidant activity (AA), vitamin C (VIT C), carotenoids (CAR), flavonoids (FLV) and anthocyanins (ANT) during storage in polyethylene and polypropylene packages, at 25 °C and 35 °C for 130 days. The results of the analyzes on both packages varied for Antioxidant activity (IC50) 43.70-264.14 g of jam/g of DPPH, Carotenoids 0.21-1.27 mg/100g, Vitamin C 17.38-87, 87 mg/100g, Flavonoids 0.0022-0.0010 mg/100g, Anthocyanins 0.0417-0.0125 mg/100g. The jams were influenced by time, temperature and type of packaging during storage, with temperature being the variable that most interfered with the quality of the product. The shelf life of jams stored in polyethylene and polypropylene packages was 94 days, respectively.

Keywords— *Annona Crassiflora* Mart., *shelf-life*, jams, stability.

I. INTRODUÇÃO

É crescente o interesse dos consumidores por produtos alimentícios naturais e com propriedades funcionais, tal comportamento tem estimulado a pesquisa e o desenvolvimento de novas formulações que atendam a essas demandas [1] e [2]. Diante disso, as geleias de frutas se destacam como uma opção atrativa, por ser uma maneira prática de consumir os benefícios nutricionais e antioxidantes presentes nas frutas [3].

Nesse contexto, o processamento de frutas nativas tem sido alvo constante de pesquisas e estudos, uma vez que apresentam grande importância cultural, nutricional e alimentar [1], [4], [5], [6]. O araticum (*Annona crassiflora*

Mart.) é uma fruta nativa, nativa do Cerrado, possui características sensoriais únicas, propriedades nutricionais e potencial antioxidante [4]. No entanto, sua perecibilidade e sazonalidade podem limitar seu consumo ao longo do ano. O processamento desses frutos, além de agregar valor, permite o aumento da vida útil e o consumo de produtos independente do período de colheita [6], [7].

Além disso, o processamento de frutas sob a forma de geleias comerciais requer a utilização de pectina, um componente aditivo amplamente utilizado como agente geleificante [8]. Geralmente, o uso de pectina comercial pode ser oneroso e pouco sustentável para pequenos agricultores e produtores locais.

A indústria de processamento de polpa de maracujá é responsável por um elevado teor de resíduos provenientes da operação [8]. Durante processo de separação da polpa, a

casca do maracujá é descartada, porém é nela que se encontra o albedo.

O albedo, é a camada branca interna da casca do maracujá, tem sido alvo de estudos devido à presença de substâncias como pectina, compostos antioxidantes e outros fitoquímicos benéficos à saúde [8]. Portanto, o estudo propõe a substituição da pectina comercial por albedo de maracujá.

Diante do contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver geleias de araticum com substituição da pectina comercial por albedo de maracujá, bem como avaliar sua estabilidade e a influência das embalagens de polietileno e polipropileno e a temperatura de 25 °C e 35 °C durante 130 dias sob a atividade antioxidante (AA), vitamina C (VIT C), carotenoides (CAR), flavonoides (FLV) e antocianinas (ANT).

II. MATERIAL E MÉTODOS

a. Desenvolvimento de geleia de araticum

As polpas de araticum utilizadas no preparo das geleias foram disponibilizadas pela Cooperativa Grande Sertão, de Montes Claros - Minas Gerais, Brasil, e encaminhadas para processamento no Laboratório de Cinética e Modelagem de Processos da Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, Brasil.

Os maracujás foram adquiridos no comércio local de Palmas, Tocantins. Os frutos foram lavados em água corrente e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio na concentração de 200 ppm e posterior enxágue. O epicarpo (fina camada exterior de coloração verde a amarelo) foi removido manualmente, por meio de facas. O mesocarpo ou albedo (camada de coloração branca) foi cortado para retirada da polpa (direcionada para outro experimento). O albedo foi submetido a tratamento térmico para inativação de possíveis enzimas, por imersão em água em ebulição até que sua coloração se torne translúcida [8].

Os ingredientes utilizados para a elaboração das geleias foram: polpa integral de araticum, açúcar cristal, ácido cítrico monohidratado e albedo de maracujá como fonte de pectina. Após a realização de testes preliminares [5], estabeleceu-se a seguinte formulação para geleia de araticum: 50% de polpa e 50% de açúcar, 1,5% de albedo e 0,5% de ácido cítrico, e realizou-se determinação de vida de prateleira, avaliando compostos bioativos e atividade antioxidante.

Para o preparo foram seguidas as etapas descritas no fluxograma da Figura 1. As geleias foram processadas em panela aberta de inox, inicialmente com polpa, açúcar e albedo de maracujá. O ácido cítrico foi incorporado no final do processo de cozimento para evitar a degradação da pectina devido à acidez e alta temperatura. A cozedura terminava quando a geleia atingia um teor de sólidos solúveis de 78 °Brix. Após esta etapa, ocorreu a distribuição do produto em embalagens de polietileno e polipropileno, em seguida foram submetidos ao armazenamento.

b. Planejamento experimental da estabilidade

Para avaliação da estabilidade das geleias durante o armazenamento foi seguido um planejamento fatorial completo triplo com 2 repetições. Os fatores avaliados

foram: Embalagens de Polietileno (PE) e Polipropileno (PP) X Temperatura (25, 35°C) X Tempo de armazenamento (0, 30, 60, 75, 100 e 130 dias). Todas as amostras foram avaliadas quanto a atividade antioxidante (AA), vitamina C (VIT C), carotenoides (CAR), flavonoides (FLV) e antocianinas (ANT).

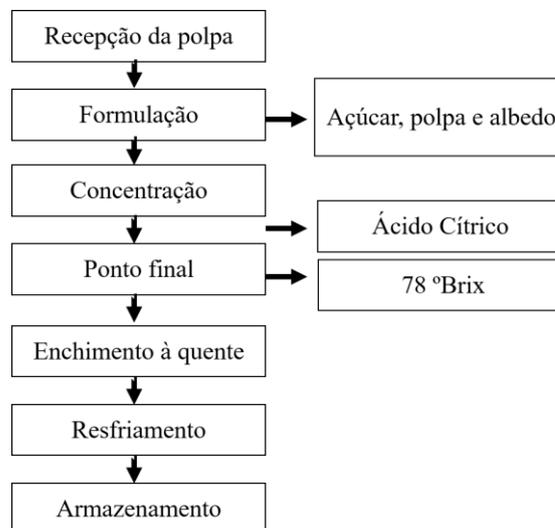


Figura 1: Fluxograma de processamento do doce em pasta de Araticum.

c. Estabilidade de compostos bioativos e atividade antioxidante

A capacidade de eliminação de radicais livres de DPPH foi estimada a partir do método proposto por Brand - Williams e colaboradores [9] adaptado por Rufino e colaboradores [10]. Os extratos das geleias (0,1 ml) foram colocados para reagir com 3,9 ml da solução radical DPPH por 30 min em ambiente escuro. A absorbância foi medida a 515 nm contra um branco em espectrofotômetro digital (Rayleigh, UV-1800). Os resultados foram expressos em EC50 (g de geleia/g de DPPH).

O teor de vitamina C de cada geleia foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH), conforme Strohecker e Henning [11]. O teor de ácido ascórbico foi extraído das amostras com o uso de ácido oxálico na concentração de 0,05%. A absorbância foi medida a 520 nm contra um branco em espectrofotômetro digital (Rayleigh, UV-1800). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g.

A determinação do teor de carotenoides totais foi realizada de acordo com o método de Higby [12]. Homogeneizou-se 10 g de amostra com 40 ml de solução extratora de álcool isopropílico:hexano (3:1). O conteúdo foi transferido para funil de separação de 125 ml, envolto em papel alumínio, ao qual foram adicionados 50 ml de água destilada. Deixou-se em repouso por 30 minutos. O conteúdo foi filtrado, utilizando-se algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro. A absorbância foi medida a 450 nm contra um branco em espectrofotômetro digital (Rayleigh, UV-1800). Os resultados foram expressos em mg de carotenoides totais/100g.

Para a determinação de antocianinas totais e flavonoides, será seguido o método descrito por Lee e Francis [13], onde pesa-se 1,0 g da amostra, em seguida, adiciona-se 10 mL da

solução extratora etanol 95% - HCl 1,5 N na proporção 85:15; as amostras são então homogeneizadas por 1 minuto em agitador vórtex, e depois devem ser acondicionadas em frascos envoltos em papel alumínio, deixando-se descansar por uma noite em geladeira. Logo após filtra-se o material para recipiente sempre envolto com papel alumínio e as leituras são feitas para antocianinas ($\lambda = 535$ nm) e flavonoides ($\lambda = 374$ nm) em espectrofotômetro, com os resultados expressos em mg/100g.

d. Testes acelerados de vida de prateleira

Para estimar o prazo de validade foram determinados sequencialmente a ordem da reação, a constante de velocidade da reação (k), a energia de ativação e o fator de aceleração da temperatura usando dados de AA, VIT C, CAR, FLV e ANT [14]. Após determinar a ordem e as constantes de velocidade das reações, o gráfico de Arrhenius foi traçado, onde a inclinação da linha indica a razão de energia de ativação (E_a). O valor de Q_{10} foi calculado usando a Equação 1.

$$Q_{10} = 10^{\left(\frac{E_a}{0,46 \times T^2}\right)} \quad (1)$$

Onde T é a temperatura média estudada em Kelvin.

e. Análises estatísticas

As alterações durante o armazenamento foram analisadas por meio do software SISVAR. A análise de variância foi realizada para indicar os efeitos das variáveis independentes e suas interações. A análise de regressão foi realizada para explicar as mudanças que ocorreram devido ao tempo, temperatura e embalagem. O modelo mais bem ajustado foi escolhido por meio do coeficiente de determinação (r^2) acima de 0,5.

III. RESULTADOS

A análise de variância (ANOVA) para as variáveis atividade antioxidante (AA), vitamina C (VIT C), carotenoides (CAR), antocianinas (ANT) e flavonoides (FLV), bem como as interações entre as variáveis independentes e dependentes são apresentadas na Tabela 1.

O tempo, a temperatura e a embalagem influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) na estabilidade em todos os parâmetros avaliados (Tab. 1).

Os resultados da atividade antioxidante em ambas as embalagens oscilaram (Fig. 2). É possível observar que a atividade antioxidante diminuiu expressamente nos doces armazenados a 35°C em ambas as embalagens, de 76,53 no T0, para PP = 264,14 e PE = 206,50 g de geleia/g de DPPH, ao fim do armazenamento. A redução poderia ser explicada pela degradação de compostos bioativos termo sensíveis como antocianinas, flavonoides e ácido ascórbico em produtos submetidos a temperaturas acima de 20°C [15], [16].

TABELA 1: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS BIOATIVOS DA GELEIA DE ARATICUM.

Causas de variação	Quadrado Médio das Variáveis					
	GL	AA	CAR	VIT C	ANT	FLV
Tempo (t)	5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Temperatura (T)	1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Embalagem (E)	1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
t x T	5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
t x E	5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
T x E	1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
t x T x E	5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Erro	0					
Total corrigido	23					
CV (%)		0,0	4,69	0,57	0,0	0,0
Média Geral		112,51	0,75	25,50	0,03	0,001

*Significativo ao nível 5% pelo teste ANAVA.

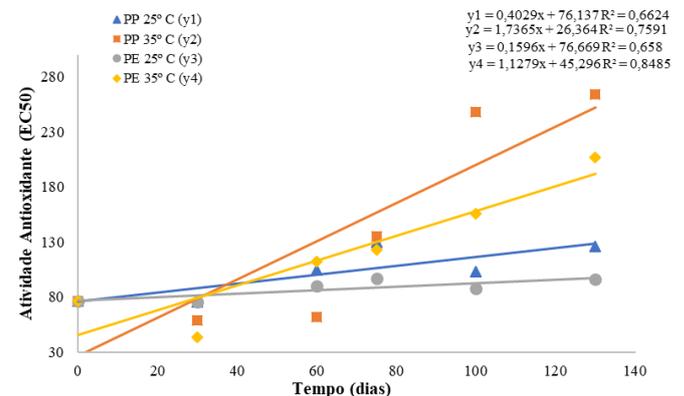


Figura 2: Valores médios de atividade antioxidante da geleia de araticum durante o armazenamento. *Embalagem polipropileno (PP) e embalagem polietileno (PE).

Observou-se o incremento significativo do teor de carotenoides totais nos doces armazenados a temperatura de 35°C, (Fig. 3) o que indica que eles foram concentrados em função da perda de água, corroborando com o observado por Silva et al. [17] ao avaliar o efeito da temperatura de tratamentos térmicos sobre os teores de carotenoides de polpa de araticum.

O teor de vitamina C apresentou um acréscimo durante o armazenamento em ambas as embalagens a 35°C (Fig. 4). A vitamina C é estável na presença de ácidos, o que pode justificar seu acréscimo, além do ácido cítrico adicionado a formulação, e ao acúmulo de ácidos durante o armazenamento [18], e conseqüentemente o aumento da acidez, como observado em Oliveira et al. [1].

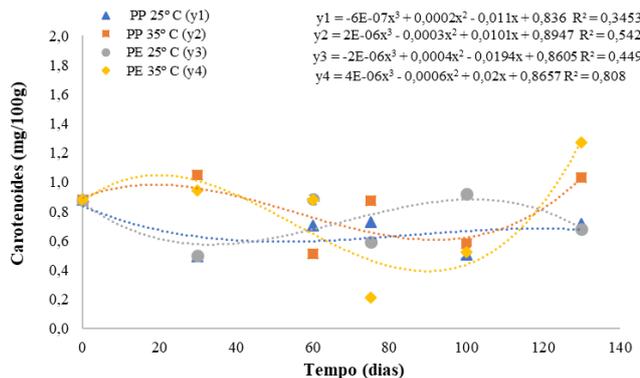


Figura 3: Valores médios de carotenoides totais da geleia de araticum durante o armazenamento. *Embalagem polipropileno (PP) e embalagem polietileno (PE).

Além disso, a sacarose apresenta um efeito conservador sob a vitamina C, devido a formação de uma camada de sacarose na superfície do produto, evitando assim a entrada de oxigênio para o interior das células e a consequente oxidação do ácido ascórbico [19].

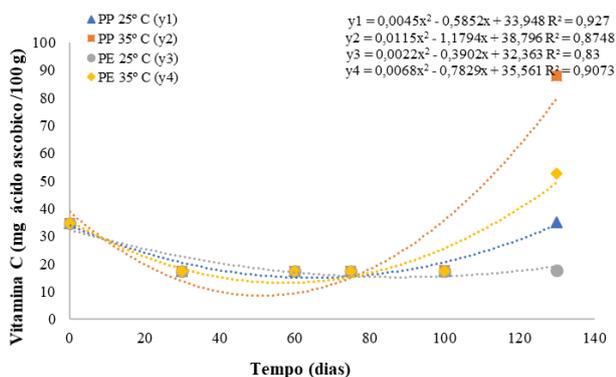


Figura 4: Valores médios de vitamina C da geleia de araticum durante o armazenamento. *Embalagem polipropileno (PP) e embalagem polietileno (PE).

O teor de antocianinas totais reduz significativamente durante o aquecimento sob pH neutro e alcalino, o que explica um baixo teor na geleia, uma vez que o pH da polpa do araticum é 4,8 [2].

Portanto, a temperatura é um fator que afeta a estabilidade da estrutura molecular das antocianinas, de modo que com o aumento da temperatura ocorre a degradação desses compostos. Durante o armazenamento das geleias de araticum, as antocianinas apresentaram decréscimo em seu teor, reduzindo a concentração em cerca de 50% aos 130 dias, para embalagem PP e 70% na embalagem de PE.

Pesquisas atuais têm relatado que a estabilidade desses compostos está intimamente relacionada à sua estrutura química, onde a fração de açúcar é um fator importante. E ainda, que açúcares simples quando adicionados a produtos alimentícios aumentam a estabilidade de antocianinas [20].

O efeito positivo do açúcar sobre a estabilidade das antocianinas pode ser devido à diminuição da atividade da água, uma vez que as moléculas de açúcar são eficazes na ligação às moléculas de água [21], [22]. E ainda, a sua interferência estérica com produtos da reação de

condensação (polimerização antocianina-fenólica) e pode ser barreira parcial ao oxigênio [19].

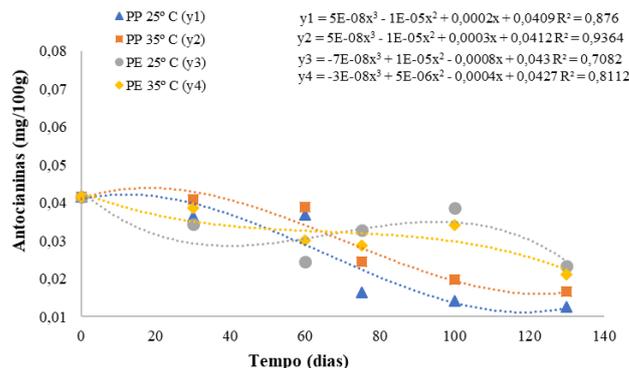


Figura 5: Valores médios de antocianinas da geleia de araticum durante o armazenamento. *Embalagem polipropileno (PP) e embalagem polietileno (PE).

Flavonoides são um grupo de compostos fenólicos, no qual antocianinas fazem também parte, bem como flavonóis, flavonas, flavanóis, e isoflavonas E assim como as antocianinas (Fig. 6) apresentaram estabilidade durante o armazenamento, apresentando decréscimo aos 100 dias. A geleia armazenada em PE na temperatura de 25°C manteve 72% da concentração inicial até o fim do armazenamento (130 dias).

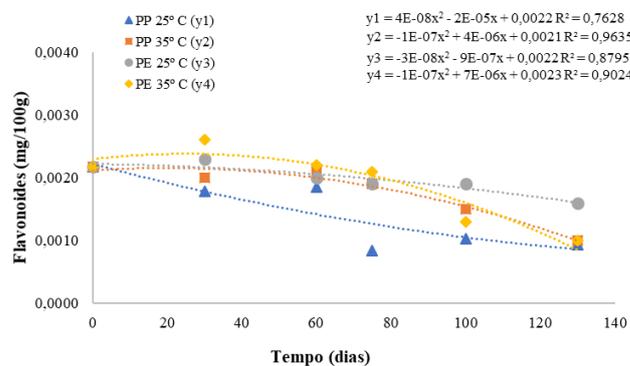


Figura 6: Valores médios de flavonoides da geleia de araticum durante o armazenamento. *Embalagem polipropileno (PP) e embalagem polietileno (PE).

As geleias de araticum armazenadas em PP e PE (Fig. 7, 8 e 9), tiveram a ordem das reações e a taxa de reações de degradação dos parâmetros AA, ANT e FLV determinadas. Todos os resultados se ajustam ao modelo cinético de ordem zero, comuns em alimentos, principalmente quando há difusão, como a degradação enzimática de frutas e vegetais [1]; [23]. O efeito da temperatura na constante de velocidade da reação dos parâmetros (AA, ANT e FLV) se ajustaram ao modelo de Arrhenius [24].

Para estimar a vida de prateleira foram determinadas, sequencialmente, a ordem das reações, a constante de velocidade da reação (k), a energia de ativação e o fator de aceleração da temperatura através das variáveis que apresentaram ajuste satisfatório ao modelo de Arrhenius (AA, FLV e ANT).

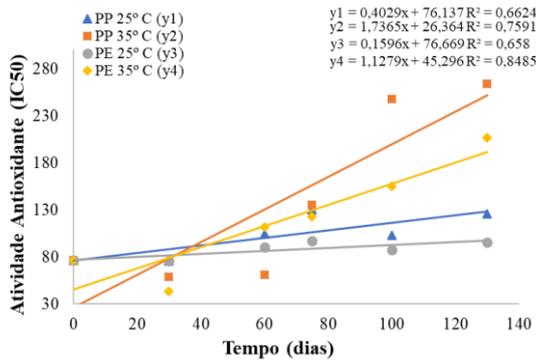


Figura 7: Modelo cinético da alteração na variável atividade antioxidante da geleia de araticum das embalagens polipropileno (PP) e polietileno (PE).

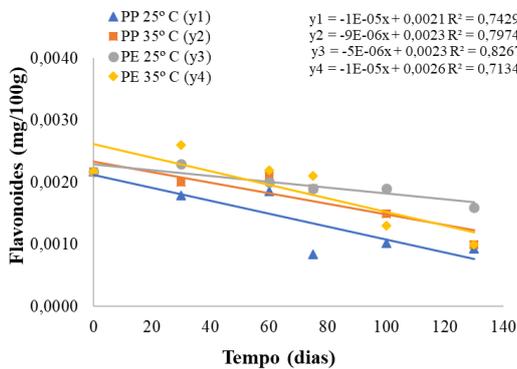


Figura 8: Modelo cinético da alteração na variável flavonoides da geleia de araticum das embalagens polipropileno (PP) e polietileno (PE).

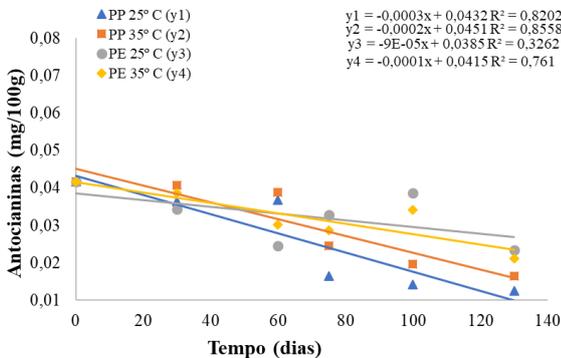


Figura 9: Modelo cinético da alteração na variável antocianinas da geleia de araticum das embalagens polipropileno (PP) e polietileno (PE).

As geleias armazenadas em PP apresentaram menores valores de energia de ativação (Tab. 2) para as variáveis AA = 29,02 Kcal/mol ($Q_{10} = 1,02$), e FLV = 34,07 Kcal/mol ($Q_{10} = 0,99$), quando comparados aos armazenados em PE (AA = 38,08 Kcal/mol e FLV = 45,75 Kcal/mol; $Q_{10} = 1,02$ e $Q_{10} = 1,00$, respectivamente). A cada diminuição de 10 °C na temperatura de armazenamento das geleias, o prazo de validade é multiplicado pelo valor Q_{10} , com isso foi possível estimar um prazo de validade de 94 dias para geleias armazenadas em PP e PE, respectivamente.

Avaliando a influência das temperaturas na vida de prateleira, observou-se que no armazenamento a 25°C os parâmetros AA e FLV apresentaram uma estabilidade maior, quando comparados a temperatura maior de armazenamento (35°C). Comportamento contrário ao da variável ANT, que

na temperatura mais alta obteve uma maior estabilidade (35°C = 94 dias). Demonstrando que antocianinas nas geleias se apresentam mais estáveis a uma temperatura maior.

Quanto as embalagens, PE apresentou uma maior estimativa de vida de prateleira, em ambas temperaturas, se apresentando como uma excelente barreira contra a deterioração de geleias frente aos compostos avaliados. Além disso, o custo unitário da embalagem de PE é consideravelmente menor que a PP, apresentando um melhor custo-benefício a indústria e ao consumidor.

TABELA 2: ENERGIA DE ATIVAÇÃO E ESTIMATIVA DA VIDA-DE-PRATELEIRA DAS GELEIAS DE ARATICUM.

Tratamento	Atributo	Energia de Ativação (E_a) kcal/mol	Q_{10}	Estimativa de vida-de-prateleira (Dias)	
				T 25 °C	T 35 °C
Geleia armazenada em embalagem de polipropileno	AA	29,02	1,02	69	46
	ANT	8,06	1,00	56	94
	FLV	34,07	0,99	70	39
Geleia armazenada em embalagem de polietileno	AA	38,8	1,02	77	65
	ANT	2,09	1,00	55	94
	FLV	45,75	1,00	70	47

IV. CONCLUSÃO

A embalagem de polietileno se apresentou com melhor barreira em relação as variáveis analisadas, conferindo as geleias uma maior estabilidade durante o armazenamento, acrescenta-se que o material tem um custo relativamente menor que o polipropileno.

Este estudo contribui para a valorização de frutos nativos, em especial, do araticum, possibilitando seu consumo ao longo de todo o ano. Ademais, essa iniciativa pode trazer benefícios econômicos aos pequenos agricultores que trabalham com essa fruta, ao agregar valor ao produto e abrir novas perspectivas de mercado. Por fim, o conhecimento gerado sobre a estabilidade dos compostos bioativos durante o armazenamento pode oferecer aos consumidores uma opção saudável e funcional de geleia, que mantém suas propriedades antioxidantes e nutricionais mesmo após longos períodos de armazenamento.

Diante dos resultados alcançados, espera-se que esse estudo seja um importante passo para incentivar a produção de geleias de araticum com albedo de maracujá, oferecendo uma alternativa promissora no mercado de produtos naturais e funcionais, com potencial para beneficiar tanto a indústria alimentícia quanto os consumidores preocupados com a saúde e o bem-estar.

REFERÊNCIAS

- [1] M. O. dos S. Oliveira, B. B. Dias, C. R. F. Pires, B. C. B. Freitas, A. O. de Aguiar, J. F. M. da Silva, G. A. de S. Martins, "Development of Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) jams: evaluation of physical, microbiological, and sensorial stability in different packages". *J Food Sci Technol*. 2022;59(9):3399-3407. doi: 10.1007/s13197-021-05323-x.
- [2] A. O. Aguiar, D. D. S. Rodrigues, A. R. Souza, C. M. D. S. Soares, A. Ibiapina, A. A. D. M. Filho, G. A. S. Martins, M. O. S. Oliveira. "Use of passion fruit's albedo as a source of pectin to produce Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) Preserves", *Chem Eng* 75:223–228, 2019 doi.org/10.3303/CET1975038
- [3] J. Vukoja, A. Pichler, M. Kopjar, "Stability of anthocyanins, phenolics and color of tart cherry jams", *Foods*, 8(7): 255, 2019.
- [4] H. S. Arruda, F. T. Borsoi, A. C. Andrade, Pastore, G. M., e M. R. Marostica Junior, "Scientific Advances in the Last Decade on the Recovery, Characterization, and Functionality of Bioactive Compounds from the Araticum Fruit (*Annona crassiflora* Mart.)". *Plants*, 12(7), 1536, 2023.
- [5] M. O. dos S. Oliveira, R. A. Morais, B. B. Dias, C. M. da S Soares, J. F. M. da Silva, e G. A. de S. Martins, "Otimização e correlação sensorial de formulações de doces em pasta de Araticum (*Annona crassiflora* Mart.)", *Scientia Plena*, vol. 17, no. 8, 2021, 10.14808/sci.plena.2021.081503.
- [6] Oliveira, M.O.D.S.; Oliveira, B.B.; Morais, R.A.; Martins, G.A.d.S. Processamento de doce em pasta do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) e viabilidade da inserção na alimentação escolar. DESAFIOS Rev. Interdiscip. Universidade Federal Tocantins 2020, 7, 87–93.
- [7] Arruda HS, Botrel DA, Fernandes RVDB, Almeida MEF (2016) Development and sensory evaluation of products containing the Brazilian Savannah fruits araticum (*Annona crassiflora* Mart.) and cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart.). *Brazilian Journal of Food Technology* 19. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.10515>
- [8] Canteri, M. H. G., de Paula Scheer, A., Ginies, C., Renard, C. M. G. C., & Wosiacki, G. (2010). Importância do tratamento térmico na casca de maracujá para extração de pectina. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 4(1).
- [9] Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, v.28, p.25-30. 1995.
- [10] Rufino, M. D. S. M.; Alves, R. E.; De Brito, E. S.; Morais, S. M.; Sampaio, C. D. G.; Pérez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). Comunidade tecnico 127, 2007.
- [11] STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Análisis de vitaminas, métodos comprobados. No. QP801. V5 S7e. 1967.
- [12] HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *Journal of Food Science*, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1962.tb00055.x>
- [13] LEES, D, H.; FRANCIS, F, J, LEES, D,H., FRANCIS, F J, Standardization of pigment analyses in cranberries, HortScience, Alexandria, 1972.
- [14] Heldman DR, Lund DB, Sabliov C (2018) Handbook of food engineering. CRC Press, Boca Raton, FL.
- [15] Wicklund, T. Rosenfeld, H. J., Martinsen, B. K., Sundfjør, M. W., Lea, P., Bruun, T., ... & Haffner, K Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, v. 38, n. 4, p. 387-391, 2005.
- [16] Morais, R. A., Soares, C. M. D. S., SILVA, R. R. D., Gualberto, L. D. S., FREITAS, B. C. B. D., Carvalho, E. E. N., & Martins, G. A. D. S. (2022). Formulation and evaluation of guapeva jam: nutritional properties, bioactive compounds, and volatile compounds during storage. *Food Science and Technology*, 42.
- [17] Silva EP, Abreu WC, Gonçalves OAL, Damiani C, Vilas Boas EVB (2017) Characterization of chemical and mineral composition of marolo (*Annona crassiflora* Mart) during physiological development. *Food Science Technology* 37(1):13-18. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.0107>
- [18] Fellows PJ (2016) *Food Processing Technology: principles and practice*, 4th edn, Woodhead Publishing, Amsterdam.
- [19] Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. *Food chemistry*. Springer Science & Business Media; 2008 Dec 21.
- [20] Kopjar, M., JAKŠIĆ, K., & PILIŽOTA, V. (2012). Influence of sugars and chlorogenic acid addition on anthocyanin content, antioxidant activity and color of blackberry juice during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(6), 545-552.
- [21] Brouillard, R., & Delaporte, B. (1977). Chemistry of anthocyanin pigments. 2. Kinetic and thermodynamic study of proton transfer, hydration, and tautomeric reactions of malvidin 3-glucoside. *Journal of the American Chemical Society*, 99(26), 8461-8468.
- [22] Lewis, C.E.; Walker, J.R.L.; Lancaster, J.E. Effect of polysaccharides on the colour of the anthocyanins. *Food Chem*. 1995, 54, 315–319.
- [23] Anwar SH, Ayun SQ, Nasution IS (2019). Shelf life estimation of red dragon fruit jam using accelerated shelf life testing (ASLT) method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 365(1): 012029.
- [24] Arrhenius AS (1901) *Larobok I Teoretisk Elektroteni*, Quando & Handel, Leipzig.